SetE BULLETIN SCIENCE ET ENVIRONNEMENT SetE
Numéro 26 septembre/octobre 2001

LE BRÛLAGE, UN SUJET BRÛLANT

Dans le cadre d'une expérience sur le terrain visant à déterminer les niveaux d'émission des brûlages dirigés, un hélicoptère prélève des échantillons d'air au-dessus d'une nappe d'hydrocarbures enflammée.

Chaque année, partout dans le monde il se produit des douzaines de déversements accidentels importants d'hydrocarbures. Un grand nombre de ces déversements ont lieu en mer lorsque des pétroliers chavirent, s'échouent ou entrent en collision avec d'autres navires. L'utilisation de récupérateurs mécaniques ou de produits absorbants pour faire disparaître ces nappes d'hydrocarbures constitue une entreprise coûteuse nécessitant une main-d'œuvre considérable, et dont la réalisation peut exiger des mois ou des années. Lorsqu'il a fallu éliminer des nappes d'hydrocarbures dans des endroits difficiles d'accès ou lorsque la neige et la glace nuisaient à l'emploi des méthodes que nous venons de mentionner, on a pu réussir à les faire brûler.

En dépit des connotations visuelles négatives d'un épais panache de fumée noire, des essais approfondis en laboratoire et sur le terrain ont permis de constater que le brûlage sur place constitue une méthode de lutte contre les déversements d'hydrocarbures qui est à la fois rapide, efficace et souvent acceptable sur le plan de l'environnement. En effet, le brûlage réduit rapidement le volume d'hydrocarbures déversé et diminue ou supprime la nécessité de recueillir, d'entreposer et d'éliminer un volume important de matières récupérées. Par ailleurs, il raccourcit les délais d'intervention, de sorte que la nappe d'hydrocarbures risque moins de s'étendre et de nuire à la faune aquatique ou littorale.

On emploie souvent le brûlage pour lutter contre les déversements d'hydrocarbures dans l'Arctique, ainsi que dans les muskegs, dans les marais et sur des rivages éloignés dépourvus de végétation. Toutefois, les inquiétudes suscitées par les émissions atmosphériques, de même que le manque d'information à l'égard des produits de combustion et de la combustibilité des hydrocarbures à la surface de l'eau, ont considérablement limité l'application de cette méthode. Au cours de la dernière décennie, un groupe international de savants et de spécialistes de la lutte contre les déversements s'est donc efforcé de résoudre ces problèmes en procédant à des essais approfondis en laboratoire et à plus de 45 opérations de brûlage de grande envergure afin d'étudier divers aspects de l'élimination du carburant diesel et du pétrole brut par cette méthode.

Le Centre de technologie environnementale (CTE) d'Environnement Canada joue un rôle prépondérant au sein de ce groupe, qui rassemble plus de deux douzaines d'organismes gouvernementaux et de sociétés ou d'associations pétrolières du Canada et des États-Unis, dont les gardes côtières canadienne et américaine ainsi que le *Minerals Management Service* et l'*Environmental Protection Agency* américains. Les efforts de ce groupe ont essentiellement porté sur la mesure des émissions dans l'air et dans l'eau. Grâce aux données fournies par de nombreuses opérations de brûlage de petite envergure effectuées dans les installations de la garde côtière américaine à Mobile (Alabama) et par une autre opération plus importante qui s'est déroulée en eau libre au large des côtes de Terre-Neuve, les chercheurs ont pu mettre au point des équations permettant de prédire la concentration de plus de 150 composés chimiques ou catégories d'émissions. Ces équations servent à calculer les distances de sécurité et la concentration des émissions lors du brûlage de nappes d'hydrocarbures de diverses étendues.

Les résultats de ces essais démontrent que la concentration de la plupart des substances dégagées par le brûlage sur place du pétrole brut est inférieure aux limites dangereuses pour la santé des êtres humains à proximité relativement étroite de l'incendie, même à une distance d'à peine 500 mètres sous le vent du lieu de combustion. En outre, si les hydrocarbures étaient brûlés comme combustibles ou carburants—ce à quoi ils sont

Suite à la page 2

À L'INTÉRIEUR

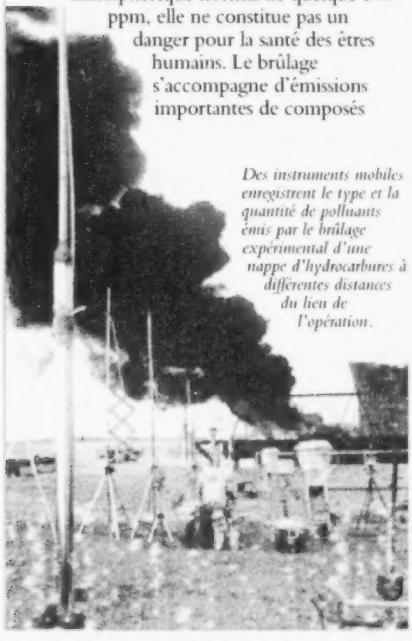
1 La LIST, nouveau processus d'assainissement très prometteur
2 Les produits antiparasitaires à usage agricole et l'atmosphère
3 L'échantillonnage en marche
4 Les brises de lac liées aux phénomènes météorologiques violents
4 La qualité de l'eau du marais de la Pointe-Pelée

Suite de la page 1

normalement destinés—les concentrations totales de polluants ainsi rejetées dans l'atmosphère seraient plus élevées que dans le cas d'un brûlage sur place. Enfin, la quantité globale de nombreuses substances émises par une opération de brûlage est inférieure à celle qui se dégage par évaporation du pétrole brut ou du carburant diesel. Par conséquent, plus on attend pour remédier à un déversement, et plus il déverse dans l'atmosphère de grandes quantités de ces polluants.

Les particules constituent un produit important de toute combustion. Le pétrole brut et le carburant diesel en dégagent tous deux en se consumant; mais le carburant diesel en émet une quantité quatre fois supérieure à celle qui est produite par le pétrole brut, qu'on juge être sans danger à un demi-kilomètre sous le vent d'une opération typique de brûlage de grande envergure. Les particules, la suie et le résidu d'un tel brûlage contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), mais la concentration massique globale de ces derniers est généralement inférieure de 92 à 98 p. 100 à ce qu'elle était dans les hydrocarbures d'origine.

Même à proximité du feu, la concentration des gaz de combustion, y compris le dioxyde et le monoxyde de carbone, est généralement inférieure aux limites d'exposition. Par exemple, bien que la concentration de dioxyde de carbone autour d'une nappe en combustion puisse atteindre environ 500 parties par million (ppm), en comparaison d'un niveau atmosphérique normal de quelque 300 ppm, elle ne constitue pas un danger pour la santé des êtres humains. Le brûlage s'accompagne d'émissions importantes de composés organiques volatils (COV), mais elles sont généralement trois fois moindres que celles qui se dégagent de l'évaporation d'une nappe fraîchement déversée. Les feux de pétrole brut produisent des concentrations très faibles d'aldéhydes et de carbonyles, bien inférieures à celles qui pourraient susciter des inquiétudes pour la santé, même à proximité du lieu de combustion.



Des instruments mobiles enregistrent le type et la quantité de polluants émis par le brûlage expérimental d'une nappe d'hydrocarbures à différentes distances du lieu de l'opération.

Des analyses d'échantillons de suie et de résidu révèlent que ceux-ci sont essentiellement constitués de carbone, accompagné de très faibles concentrations de plusieurs centaines de produits chimiques absorbés ou adsorbés. Le volume de suie produit par le brûlage sur place demeure incertain, car il n'existe pas de technique de mesure permettant de déterminer les émissions totales sur une superficie aussi étendue; toutefois, les estimations varient entre 0,2 et 2 p. 100 du volume d'origine de pétrole brut et atteignent environ le quintuple de ces chiffres dans le cas du carburant diesel. Le résidu lui-même est essentiellement constitué d'hydrocarbures imbrûlés, qui sont adhésifs et, par conséquent, assez faciles à récupérer au moyen de techniques mécaniques ou manuelles.

Contrairement à ce que croient bien des gens, la plupart des hydrocarbures, sinon tous, peuvent brûler à la surface de l'eau, du moment que l'épaisseur de la nappe atteint au moins deux à trois millimètres. Cette épaisseur est nécessaire à l'entretien d'une chaleur suffisante pour vaporiser la matière de façon ininterrompue afin d'assurer une combustion soutenue. Lorsque la nappe est plus mince, la plus grande partie de sa chaleur se dissipe dans l'eau sur laquelle elle flotte, et il devient impossible d'entretenir la combustion. La plupart des hydrocarbures déversés brûlent au rythme d'environ trois à quatre millimètres par minute, à quelque type qu'ils appartiennent et quelles que soient leur teneur en eau et l'influence des éléments. Par un processus appelé émulsion, l'action du vent et des vagues peut faire absorber à de nombreux hydrocarbures une quantité considérable de l'eau à la surface de laquelle ils flottent. Or, s'il est impossible d'enflammer des hydrocarbures complètement émulsionnés par l'eau, des expériences ont démontré que le pétrole brut pouvait encore prendre feu lorsque sa teneur en eau atteint 70 p. 100.

Le brûlage sur place sans confinement de la nappe n'est généralement possible que dans les quelques heures suivant le début du déversement, car les hydrocarbures s'étendent rapidement pour atteindre une épaisseur d'équilibre qui, en pleine mer, atteint à peine une fraction d'un millimètre. Des barrages flottants légers et ignifuges sont généralement nécessaires pour concentrer la nappe afin qu'elle s'enflamme facilement et continue à brûler efficacement jusqu'à ce que l'épaisseur des hydrocarbures et des résidus tombe sous la barre des deux à trois millimètres. En règle générale, ces barrages sont disposés en forme de « U » et remorqués lentement par deux navires afin que les hydrocarbures puissent continuer de se recueillir dans le creux ainsi formé et y constituer une nappe de plus en plus épaisse. On peut ensuite enflammer les hydrocarbures au moyen de tout un éventail de méthodes très simples, bien que la dernière technologie en la matière consiste en un appareil monté sur hélicoptère qui sème à la surface de la nappe des paquets enflammés de carburant gélifié.

Une opération expérimentale de brûlage effectuée sur les lieux du déversement en 1989 de l'*Exxon Valdez*, au large des côtes de l'Alaska, a démontré qu'on peut utiliser efficacement le brûlage sur place sans risquer d'enflammer la source du déversement, en remorquant les barrages à travers la nappe jusqu'à ce qu'ils aient atteint le maximum de leur capacité, pour ensuite éloigner de la nappe principale les hydrocarbures ainsi emprisonnés et les enflammer. Les chercheurs estiment que, si l'on s'était alors servi du brûlage sur place comme contre-mesure principale, plus de 60 p. 100 de la nappe aurait été rapidement détruite, ce qui aurait représenté une économie considérable de temps et d'efforts, car le nettoyage effectif a coûté 2 milliards de dollars, en plus d'exiger deux ans d'efforts.

Au cours de dernières années, le CTE a rédigé, sur les résultats de ses études en matière de brûlage sur place, des douzaines de rapports scientifiques dont les derniers, publiés cet été, ont été fusionnés dans un document de synthèse. L'an dernier, le CTE, en outre, a produit un manuel spécial sur le brûlage des nappes de pétrole ou de carburant diesel à l'intention des responsables des interventions en cas d'urgence. On espère ainsi qu'une connaissance scientifique et opérationnelle accrue, de même qu'une meilleure sensibilisation aux avantages économiques et environnementaux du brûlage sur place, augmenteront l'acceptabilité de cette mesure de lutte contre les déversements d'hydrocarbures, non seulement en Amérique du Nord, mais encore dans le monde entier. SoE

LA LIST, NOUVEAU PROCESSUS D'ASSAINISSEMENT TRÈS PROMETTEUR

Les déchets organiques provenant des eaux usées et des usines de pâtes et papiers, ainsi que les produits chimiques utilisés par diverses industries—sidérurgique, pétrolière et autres—ont provoqué la contamination des sédiments dans un grand nombre de ports, lacs, rivières et chenaux du monde. En même temps qu'ils affectent la qualité de l'eau et la vie aquatique, certains de ces contaminants se combinent à d'autres—et aux composés naturellement présents dans l'eau salée—pour créer des aérosols malodorants, corrosifs et hautement toxiques.

Dans certaines régions, notamment en Asie, le problème a atteint des proportions telles que la santé des gens vivant dans le voisinage de ces voies de navigation et la récolte des poissons et des mollusques ont été gravement perturbées. Au Canada, la situation est moins grave, mais elle n'en a pas moins entraîné une diminution de la qualité de l'eau dans certaines régions et provoqué l'apparition de tumeurs chez certaines espèces de poissons.

La façon la plus commune de s'attaquer à la contamination sédimentaire consiste à écoper ou à aspirer les sédiments à l'aide d'une drague montée sur un chaland et à les acheminer à un centre d'entreposage à long terme ou à une installation de traitement. Malheureusement, le transport et l'élimination sont coûteux et comportent des risques d'accident ou de fuite. L'entreposage de la matière contaminée sur place est plus pratique, mais il réduit la superficie des terrains utilisables sur les lieux. Le dragage a lui aussi ses inconvénients : il exerce un impact significatif sur l'habitat, il risque de ne pas éliminer la totalité des sédiments en question et il peut ne pas être praticable si les sédiments sont instables ou l'eau, trop profonde. En outre, le dragage n'est pas viable à long terme—ce qui pose un problème si l'assainissement doit être répété périodiquement pour faire face à une contamination additionnelle.

En recherchant un moyen plus efficace de s'attaquer à la contamination sédimentaire à grande échelle du port de Hamilton et de Sault-Ste-Marie, en Ontario, des scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada, à Burlington, ont conçu l'un des premiers procédés commercialisés d'assainissement sur place. La technologie de traitement des sédiments in situ de Limnofix (LIST) utilise une herse sous-marine remorquée par un bateau pour labourer les sédiments contaminés et y injecter un oxydant chimique, généralement du nitrate de calcium. Toutefois, le nitrate de calcium étant également un nutriment, il doit être injecté assez profondément dans les sédiments pour l'empêcher de s'échapper dans la tranche d'eau et d'activer la croissance des algues.

Tout déchet organique riche—les eaux usées non traitées par exemple—peut convertir les sulfates, que l'on trouve dans les déchets industriels et qui existent à l'état naturel dans l'eau de mer, pour créer un gaz toxique, malodorant et corrosif de sulfure d'hydrogène. L'oxydant injecté au moyen du procédé LIST active la biodégradation aérobie des contaminants en fournissant de l'oxygène aux bactéries contenues dans les sédiments et en oxydant les sulfures qui entravent ce processus naturel. Bien que l'oxydation se produise relativement rapidement, la biorestauration peut prendre plusieurs mois, selon le type et l'importance de la contamination.

La LIST est mise à l'épreuve dans le cadre d'un projet d'assainissement à échelle semi-industrielle entrepris dans le port de Hamilton.

L'efficacité de LIST a été démontrée avec succès dans des essais en laboratoire et des études à échelle semi-industrielle effectués au Canada, aux États-Unis, en Europe et en Asie par Golder Assiociates, détenteur de la licence commerciale d'utilisation de LIST, avec l'appui de l'INRE. En 1998, un traitement en milieu réel a été réalisé près du vieil aéroport de Hong Kong, où des sédiments du milieu marin contaminés par les eaux usées suscitaient de graves problèmes d'odeurs et provoquaient la corrosion des bâtiments et des avions. En quelques semaines à peine, les sédiments étaient passés du noir au brun, plus de 95 p. 100 des sulfures avaient été assainis et les mauvaises odeurs s'étaient presque entièrement dissipées.

Un projet pilote de cinq ans lancé la même année à Salem, au Massachusetts, donne lui aussi des résultats positifs. L'endroit, une vasière médiolittorale contaminée par le goudron de houille provenant d'une usine de gazéification du charbon, a subi deux traitements LIST en 1998 et 1999 à l'aide d'un dispositif d'injection remorqué par un tracteur à marée basse. Il est désormais assaini à 90 p. 100.

L'utilisation future de LIST est également prometteuse. Environnement Canada fournit un soutien technique en vue d'un assainissement à grande échelle prévu dans le fleuve Shing Mun, à Hong Kong. Par l'intermédiaire de Golder Associates, le procédé LIST a été accepté par le *Naval Facilities Engineering Service Center* des États-Unis en vue de l'assainissement de plusieurs installations navales américaines. Entre-temps, les scientifiques de l'INRE poursuivent leur étude d'autres solutions, telles que le recouvrement des sédiments contaminés à l'aide d'une couche d'un matériau renforcé par des additifs chimiques, en vue de mettre au point une série de techniques qui pourront être efficaces dans différentes situations. SoIE

LES PRODUITS ANTIPARASITAIRES À USAGE AGRICOLE ET L'ATMOSPHÈRE

Des chambres à flux sont disposées dans un champ de canola pour mesurer la volatilisation du lindane à partir des semences traitées.

L'être humain lutte contre les parasites végétaux et animaux qui menacent ses ressources alimentaires depuis les débuts de l'agriculture, il y a des milliers d'années. Toutefois, l'arsenal de produits chimiques toxiques utilisé aujourd'hui pour endiguer la propagation des mauvaises herbes et des insectes risque de faire des victimes au-delà des limites de nos exploitations agricoles.

Des études effectuées par des scientifiques d'Environnement Canada (EC) et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) ont établi que certains pesticides s'échappaient dans l'atmosphère sous l'effet d'un processus connu sous le nom de volatilisation. Après leur application, ces produits chimiques sont libérés sous forme de gaz ou adhèrent à des particules, telles que la poussière du sol. Certains de ces pesticides peuvent se déplacer sur de grandes distances dans l'atmosphère, avant de retomber sur le sol sous l'effet des précipitations ou en tant que retombées sèches. Non seulement cette situation constitue-t-elle une grave menace pour les secteurs non ciblés, tels que les terres humides et d'autres écosystèmes délicats, mais elle représente une perte économique significative pour les agriculteurs.

Les pesticides occupent une place quelque peu particulière parmi les produits chimiques industriels, en ce sens qu'ils sont conçus pour être hautement toxiques, mais en même temps, ils sont diffusés et appliqués sur une grande échelle dans l'environnement. Dans les Prairies canadiennes, où l'agriculture est une industrie primaire, la plupart des terres cultivées sont traitées à l'aide de pesticides. Les plus communément utilisés sont les herbicides, dont plus de 20 000 tonnes sont appliquées chaque année dans les exploitations agricoles du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta. Bien que l'effet toxique des herbicides agisse surtout sur les plantes, il peut aussi affecter les mammifères, et l'on sait peu de choses des effets à long terme de niveaux faibles de ces produits chimiques ou de leurs effets combinés sur d'autres organismes. L'usage des insecticides, qui sont en général plus toxiques pour les mammifères, est moins répandu, mais il a connu un accroissement significatif ces dernières années, par suite de l'intensification de cultures vulnérables aux insectes, telles que le canola et la lentille.

La Saskatchewan utilise près de la moitié de tous les pesticides appliqués sur les cultures dans les Prairies canadiennes. Pour suivre le cheminement de ces produits chimiques, EC et AAC ont prélevé des échantillons de sol et d'eau sur les terres cultivées traitées et sur des emplacements voisins, ainsi que des échantillons d'air et de dépôts bruts dans ces endroits et dans d'autres situés loin de toute activité agricole. Pour s'assurer que les mesures reflétaient les quantités significatives de dépôts secs produites dans l'environnement des Prairies, les scientifiques ont mis au point un dispositif permettant de mesurer les dépôts humides comme secs—un plateau d'acier autorinceur qui déverse les matières déposées sur sa surface dans un réservoir pour séparation et analyse ultérieure.

Des concentrations d'un certain nombre d'herbicides ont été décelées dans l'atmosphère, ainsi que dans l'eau et sur les pellicules de surface d'étangs fermiers ou de mares-réservoirs. Au nombre des plus courants, il convient de citer le 2,4-D et le triallate—des pesticides qui sont appliqués sur les cultures essentiellement au moyen d'instruments tirés par tracteur pour endiguer l'envahissement des céréales par les mauvaises herbes. Ces deux produits sont utilisés abondamment dans les Prairies, où l'on estime que plus de 3,8 millions de kilogrammes de 2,4-D et 2,7 millions de kilogrammes de triallate sont appliqués chaque année. Les résultats ont permis d'établir que les concentrations de pesticides dans les étangs fermiers étaient plus élevées que de coutume après la saison de végétation—ce qui indique que le transport atmosphérique constitue une source importante de ces contaminants. Des études effectuées dans des stations de recherche agronomique de la Saskatchewan ont conclu que le taux de volatilisation après application du 2,4-D et du triallate était d'environ 18 p. 100.

D'autres preuves du transport atmosphérique des pesticides ont été fournies par l'analyse d'échantillons d'air prélevés près de Regina, en Saskatchewan, à Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest, ainsi que dans l'Arctique—dont tous contenaient des pesticides qui ne provenaient pas de sources locales. On s'inquiète tout particulièrement des concentrations de l'insecticide lindane, un cancérogène présumé qui est susceptible de s'accumuler dans les tissus adipeux des animaux. On estime que 20 400 tonnes

Suite à la page 5

Suite de page 4

de lindane sont appliquées chaque année dans le monde—500 tonnes au Canada à lui seul, où il a été principalement affecté au traitement des semences de canola.

Alors que les échantillons d'air de Regina contenaient des concentrations assez élevées du type de lindane utilisé sur les cultures de canola au Canada, les échantillons d'air de l'Arctique en renfermaient aussi un autre type, utilisé en Inde et dans d'autres pays, ce qui prouve que ce pesticide a la capacité de se déplacer sur des milliers de kilomètres dans l'atmosphère. Pour déterminer exactement la quantité de lindane pénétrant dans l'atmosphère à partir des cinq millions d'hectares de canola cultivés dans les Prairies, où 95 p. 100 environ des semences de canola sont prétraitées au lindane, des scientifiques d'Environnement Canada ont entrepris les premiers tests de volatilisation à partir de semences traitées aux pesticides à jamais avoir été effectués.

Des échantillonneurs de concentration atmosphérique et de dépôts humides et secs ont été disposés dans un champ de canola traité situé au nord-ouest de Saskatoon, en Saskatchewan, dans une cour de ferme abandonnée se trouvant à deux kilomètres de là et juste à l'extérieur de Waskesiu, dans le parc national de Prince-Albert. Les données ont été recueillies sur deux saisons de végétation et des tests additionnels ont été effectués à l'aide de chambres à flux placées directement sur le sol pour capter les émissions gazeuses et particulaires. En se fondant sur leurs conclusions, qui font notamment état de concentrations atmosphériques de lindane allant jusqu'à 16,1 nanogrammes par mètre cube dans le champ traité, les scientifiques estiment que jusqu'à 30 p. 100 du lindane appliqué sur les semences de canola pénètre dans l'atmosphère par volatilisation. Cela représente une charge atmosphérique atteignant jusqu'à 188,8 tonnes dans les Prairies à elles seules durant les six semaines suivant la plantation.

L'une des raisons de ce taux important de volatilisation est que le lindane possède une pression de vapeur élevée et que la semence traitée n'est enfouie qu'à une profondeur de trois à cinq centimètres environ. Ainsi, elle est facilement exposée à l'air, particulièrement dans les sols rudes qui caractérisent les Prairies. On a remarqué par ailleurs que l'humidité du sol accroissait le taux de volatilisation, peut-être en déplaçant les pesticides dans le sol ou en les soutirant par évaporation. Un effet similaire a été noté en ce qui concerne le triallate, qui est incorporé au sol sous forme de granulés avant ou après les semis.

Les conclusions de l'étude confirment que les quantités de lindane s'échappant des semences traitées durant la saison de

Un échantillonneur d'air à grand débit mesure les concentrations de lindane et d'autres polluants aéroportés au-dessus d'un champ de canola en Saskatchewan.

germination contribuent de façon significative aux concentrations atmosphériques régionales. Bien que le rôle joué par les Prairies en tant que source de lindane pour d'autres écosystèmes nord-américains et mondiaux fasse présentement l'objet d'études, les trajectoires vers l'avant ont montré que la région du sud de l'Ontario et des Grands Lacs, ainsi que l'Arctique, reçoivent du lindane provenant de l'Ouest sous l'effet des retombées atmosphériques. Le trajet suivi par les autres pesticides qui pénètrent dans l'atmosphère est plus difficile à établir exactement parce que ces produits chimiques sont utilisés plus largement au pays et que, par conséquent, leurs sources sont moins aisées à définir.

Les fabricants de lindane au Canada ont retiré volontairement à la fin de 1999 le lindane de la liste des produits pouvant servir au traitement des semences de canola, bien que les producteurs aient été autorisés à utiliser les stocks existants jusqu'en juillet 2001. L'usage du lindane pour le traitement des semences de canola est désormais abandonné au Canada, bien qu'il soit encore permis de l'utiliser sur certaines céréales et cultures légumières. Même s'ils ne représentent qu'un faible pourcentage en comparaison de l'utilisation du lindane sur le canola, ces usages font actuellement l'objet d'un examen par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada, en collaboration avec l'*Environmental Protection Agency* des États-Unis. Ces organismes se sont tous deux déclarés intéressés aux résultats de l'étude sur le transport atmosphérique du lindane.

Les scientifiques espèrent que les conclusions de ces études, qui ont toutes été récemment publiées dans des revues scientifiques ou qui doivent l'être sous peu, stimuleront un accroissement du financement de la recherche sur la toxicité, le comportement, l'acheminement et les effets sur les secteurs non ciblés des pesticides couramment utilisés. Par exemple, on utilise au Canada depuis les deux dernières décennies plus de deux douzaines de nouveaux herbicides qui sont autorisés pour application en concentrations très faibles, mais qui sont très toxiques pour les plantes. À mesure qu'augmente l'usage des insecticides épandus par voie aérienne, la nécessité d'effectuer des études sur le déplacement et les effets de ces produits chimiques se fait, elle aussi, plus pressante.

L'exposition à des rejets annuels de certains pesticides par la respiration, la consommation d'eau contaminée ou l'ingestion de plantes contaminées pourraient avoir des effets considérables sur la santé des êtres humains et des animaux. Une exposition de faible intensité à un mélange d'herbicides toxiques peut également menacer la végétation dans des habitats non visés. Plus nous saurons de choses sur le comportement et les effets de ces pesticides, mieux nous serons équipés pour protéger la santé environnementale et humaine à longue échéance. **Sol**

L'ÉCHANTILLONNAGE EN MARCHE

Depuis des décennies, diverses technologies sont utilisées pour tester les gaz d'échappement émis par les automobiles, les camions et autres véhicules routiers dans des conditions de fonctionnement réelles. Jusqu'à maintenant, toutefois, il n'existait pas de procédé facile à appliquer pour effectuer l'analyse de la plupart des sources mobiles d'émissions hors route et non routières—telles que les avions, les trains et les machines industrielles—qui sont considérées comme contribuant de façon significative aux problèmes liés à la qualité de l'air et aux changements climatiques.

Dans le but de déterminer la nature des émissions provenant de cet important volet du secteur du transport, le Centre de technologie environnementale d'Environnement Canada a mis au point un dispositif d'échantillonnage portatif de pointe destiné à tester les gaz d'échappement provenant de ces sources difficiles à mesurer. Il s'agit du « Dynamic Dilution On/Off-road Exhaust Emissions Sampling System », ou DOES2™ (Système d'échantillonnage par dilution dynamique des gaz d'échappement des véhicules routiers et non routiers)—un dispositif généralement contenu dans un boîtier de la taille d'un téléviseur de 40 po et qui fonctionne à l'aide d'une petite génératrice à essence.

Le DOES2™ est habituellement monté sur le véhicule ou à l'intérieur de celui-ci et relié au tuyau d'échappement par une sonde qui recueille des échantillons de l'échappement brut du véhicule en marche. Les gaz d'échappement sont mélangés à un volume d'air ambiant dosé et des échantillons proportionnels de ce mélange dilué sont recueillis en vue de la mesure des émissions réglementées comme non réglementées. Un ordinateur portatif relié au système d'échantillonnage enregistre les données provenant du moteur et calcule les caractéristiques des émissions—le tout avec le même degré d'exactitude que celui auquel on s'attendrait normalement dans le milieu contrôlé d'un laboratoire.

Bien que le DOES2™ puisse servir sur les véhicules routiers conventionnels autant que sur les sources de pollution stationnaires, telles que les génératrices et les turbines, sa plus grande utilité réside dans son application aux véhicules hors route et non routiers qui ne peuvent faire l'objet de tests dans les laboratoires classiques. Les informations recueillies grâce à ce procédé aideront à mieux comprendre et à mettre au point des technologies de réduction de la pollution et des carburants de remplacement et à améliorer les procédés de fonctionnement et d'entretien du matériel existant—tant de la part des gouvernements du point de vue de la réglementation et de la conformité que de celle des entreprises privées engagées dans la production de biens et de services connexes.

Échantillonneur d'émissions portatif DOES2™ monté sur un porte-conteneurs dans le port de Houston au Texas.

Le DOES2™ a contribué à l'analyse et à la mise en évidence de l'efficacité des technologies d'adaptation, d'amélioration et de conversion des carburants dans le cadre de plusieurs projets concertés mis sur pied au Canada, aux États-Unis, en Chine et en Colombie. À Hong Kong et en Colombie, ce système a servi à évaluer l'efficacité de carburants de remplacement pour les autobus. Il a également été appliqué dans le cadre de plusieurs projets élaborés aux États-Unis pour analyser les émissions d'équipement minier souterrain à Cleveland (Ohio), d'équipement de construction en Nouvelle-Angleterre et d'autobus à New York. À Houston (Texas), l'un des détenteurs de permis du Centre de technologie environnementale se prévaut du système pour effectuer des tests et démontrer les avantages de son mélange breveté de carburants de remplacement—une composition contenant 20 p. 100 d'eau—pour le matériel des chantiers navals.

Environnement Canada continue d'encourager les propositions d'intervenants intéressés du secteur privé en vue d'obtenir des permis pour utiliser et commercialiser les diverses applications du DOES2™. La généralisation de cette technologie aidera à déterminer la faisabilité et la viabilité de processus et de produits qui, en bout de ligne, contribueront à l'amélioration de la qualité de l'air au Canada et dans le monde. S•E

LES BRISES DE LAC LIÉES AUX PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES VIOLENTS

Les brises apparemment inoffensives qui soufflent des lacs et des cours d'eau vers la terre ferme peuvent exercer une influence considérable sur la formation des orages, de la grêle et même des tornades, affirment des scientifiques du Service météorologique du Canada d'Environnement Canada. Une étude sur le terrain effectuée cet été par le Ministère et l'Université York de Toronto a cherché à expliquer le lien qui semblait exister entre les brises soufflant des Grands Lacs et les violentes tempêtes survenant dans la « Tornado Alley » du sud-ouest de l'Ontario.

Cet examen des effets des brises de lac sur le temps, ou ELBOW (*Effects of Lake Breezes on Weather*), constitue le suivi d'une étude pilote effectuée en 1997 près de London, en Ontario, qui fut la première à examiner de près les effets des brises de lac sur les phénomènes météorologiques violents.

Les brises de lac sont dues au fait que l'air surplombant la terre ferme se réchauffe plus vite que l'air surplombant l'eau, ce qui crée un déséquilibre de pression qui amène l'air de l'atmosphère inférieure du lac à souffler vers la terre ferme à angle droit par rapport au rivage, faisant monter l'air surplombant la terre ferme. Là où le rivage fait saillie vers le lac, les brises convergent, créant un courant ascendant encore plus intense.

Ces brises sont généralement accompagnées d'autres vents. Habituellement, les systèmes de haute et basse pression à plus haute échelle de l'atmosphère engendrent des vents dominants qui soufflent en même temps. La circulation de la brise du lac et les vents dominants convergent sur des lignes qui peuvent s'étendre sur 100 kilomètres à l'intérieur des terres. Étant donné qu'il existe un courant ascendant le long de ces lignes de convergence, la tendance à la formation de nuages est aussi très forte.

Dans le sud de l'Ontario, les vents dominants, durant l'été, soufflent souvent du sud-ouest—apportant l'air chaud et humide nécessaire à la formation des orages. Dans de telles conditions, les lignes de convergence se développent principalement là où le rivage est parallèle à la direction des vents dominants—par exemple, le long de la rive nord-ouest du lac Érié et de la rive nord-ouest du lac Ontario, entre Hamilton et Toronto. Non seulement ces lignes de convergence sont-elles capables de déclencher leurs propres tempêtes, mais elles peuvent aussi interagir avec un front froid ou entrer en collision avec d'autres lignes de convergence pour créer un temps particulièrement violent.

L'examen de tornades survenues par le passé montre que la plupart des plus violentes tornades se sont produites près du lieu où se forment les lignes de convergence lorsque le vent dominant souffle du sud-ouest. L'absence de tornades sur la rive nord du Lac Érié, à l'est de St. Thomas (où le rivage n'est pas orienté du sud-ouest vers le nord-est) et une prolifération de celles-ci à l'ouest (où le rivage est orienté du sud-ouest vers le nord-est) appuient cette constatation.

Pour avoir une meilleure idée des forces en jeu dans ce processus, on a aménagé cet été un certain nombre de postes d'observation entre les lacs Érié et Huron, dans le voisinage d'Exeter, au nord-ouest de London. Un réseau de 14 stations météorologiques de surface a été établi le long de lignes perpendiculaires aux rives des lacs. Des mesures de la température, de l'humidité, ainsi que de la vitesse et de la direction des vents, ont également été effectuées à partir de stations météorologiques permanentes établies à London, Sarnia et Windsor, de radiosondes en haute atmosphère et de sources mobiles. Des données additionnelles ont été recueillies grâce à deux radars Doppler, deux profileurs de vent et un aéronef expérimental, et des prévisions ont été émises à l'aide de versions spéciales à ultra haute résolution du modèle numérique de prévision météorologique Global Environmental Multi-échelle (GEM), avec résolutions de 10 et 2,5 kilomètres.

En dépit d'un temps plus sec que d'habitude, plusieurs tempêtes ont permis de recueillir d'importantes données. Le 4 juillet, l'imagerie par satellite a décelé de multiples interactions entre un front froid et les lignes de convergence de la brise de lac sur la rive américaine du lac Huron. La poussée d'air émanant de cette tempête est entrée en interaction avec une ligne de convergence située sur la rive canadienne pour donner naissance à un orage supercellulaire. Le radar Doppler a manifesté un fort « écho en crochet », signe d'une tornade probable, mais aucune tornade n'a été observée. Le 16 juillet, un orage circulaire s'est formé près de Melbourne, à l'ouest de London, lorsque des lignes de convergence provenant des lacs Érié et St. Clair ont fusionné. D'autres perturbations relevées

Image satellite montrant la formation d'un orage au point de fusion des lignes de convergence des lacs Érié et Huron. La perturbation a provoqué des inondations locales et on a signalé l'apparition d'un nuage en entonnoir dont la présence n'a toutefois pas été confirmée.

dans le même secteur étayent la théorie selon laquelle des tornades sont plus susceptibles de se produire dans de tels cas.

Une analyse plus détaillée des données provenant d'ELBOW 2001 fournira aux scientifiques une image tridimensionnelle plus complète des conditions atmosphériques qui conduisent au temps violent activé par les brises de lac et leur donnera la possibilité de vérifier et de perfectionner les modèles et techniques permettant de prévoir ce phénomène. Un projet connexe est envisagé pour 2003 dans les contreforts des Rocheuses, au nord-ouest de Calgary, où la topographie montagneuse engendre des flux d'air à petite échelle qui exercent une interaction similaire avec les vents dominants. SetE

Installation d'un puits d'échantillonnage des eaux souterraines multiniveaux dans le marais de la Pointe-Pelée.

LA QUALITÉ DE L'EAU DU MARAIS DE LA POINTE-PELÉE

Le parc national de la Pointe-Pelée, qui borde la rive nord-ouest du lac Érié, abrite l'une des meilleures zones humides existant encore dans le bassin inférieur des Grands Lacs, qui fournit un habitat à une grande diversité d'espèces. Au cours de la dernière décennie, toutefois, des craintes de plus en plus vives ont été formulées quant à la détérioration possible de la qualité de l'eau dans certains secteurs du marais au point où sa biodiversité naturelle s'en trouverait menacée par des sources diverses.

Des niveaux élevés de nutriments, dont des phosphates et de l'ammoniac, ont été relevés dans plusieurs étangs d'eau libre du marais de la Pointe-Pelée, où ils causent une prolifération inesthétique d'algues. Le défi auquel avaient à faire face les scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada consistait à déterminer si les systèmes septiques du parc constituaient la source des nutriments et de quelle façon ceux-ci se déplaçaient dans l'environnement hydrogéologique du parc.

On savait très peu de choses sur les mécanismes contrôlant l'écoulement souterrain dans le parc national de la Pointe-Pelée. Le marais est séparé du lac Érié par des barres sur ses rives est et ouest. Une barre est un cordon littoral continu de sable et de gravier formé par l'action des vagues et des courants lacustres qui transportent et déposent les sédiments. Les concentrations les plus élevées de sédiments ayant été relevées le long de la barre occidentale—où l'activité humaine est la plus développée—les chercheurs ont soupçonné qu'ils étaient lessivés des systèmes septiques dans les eaux souterraines, d'où ils s'écoulaient dans le marais.

Utilisant des données recueillies sur le terrain et des techniques de modélisation informatique, les chercheurs de l'INRE ont effectué des études hydrogéologiques et géochimiques qui leur ont fourni une mine de renseignements sur l'écoulement des eaux souterraines dans le parc et sur les déplacements et les sources des nutriments. Ces résultats indiquent que les barres sont suffisamment larges pour ne pas permettre un écoulement direct de l'eau entre le lac Érié et le marais. Néanmoins, le régime d'écoulement des eaux souterraines entre le lac et le marais est hautement complexe, certains secteurs de la barre étant extrêmement susceptibles d'acheminer au marais des contaminants provenant des systèmes septiques, et d'autres presque pas.

L'équipe de recherche a établi par ailleurs qu'alors que les systèmes septiques du parc contribuaient à un apport excessif de nutriments en certains endroits, ils n'en constituaient pas la source principale au Sanctuary Pond—le secteur du marais accusant la plus forte concentration de nutriments. L'apport principal venait plutôt de la régénération des nutriments à partir des sédiments de l'étang—un processus naturel qui se déroule dans tous les étangs d'eau libre, mais qui varie d'un emplacement à l'autre en raison des niveaux différents de nutriments dans les sédiments. Les travaux se poursuivent pour mieux comprendre l'écoulement des eaux souterraines et son influence sur le cycle nutritif du parc. Ils aideront à l'élaboration de stratégies de gestion propres à améliorer la qualité de l'eau dans les secteurs affectés.

Les chercheurs de l'INRE se sont aussi attaqués à un problème chronique qui représente une menace pour les écosystèmes de la Pointe-Pelée. Entre 1949 et 1970, le DDT a été utilisé à grande échelle pour lutter contre les parasites dans les anciens vergers et contre les moustiques dans le parc. Ce pesticide a été appliqué par pulvérisation particulaire sur de vastes secteurs et aussi par le moyen du « bombardement en cabré » sur des emplacements ou des mares spécifiques. Vers la fin des années 1990, on s'attendait à ce que le DDT se soit dégradé; toutefois, on en a décelé en 1998 dans le sol peu profond en plusieurs endroits.

Parcs Canada a demandé aux scientifiques de l'INRE de confirmer les concentrations élevées de DDT signalées, de préciser l'ampleur du secteur contaminé et de déterminer la raison de la persistance de ce pesticide. Les chercheurs ont établi que si la contamination au DDT est répandue dans les secteurs qui abritaient anciennement des pommeraies, elle se limite aux quelques centimètres supérieurs du sol où la teneur en matières organiques est élevée. Au moyen de simulations par ordinateur, ils ont confirmé qu'en raison de la nature hautement adsorbante du DDT et de sa faible solubilité, il se maintiendra dans la portion riche en matières organiques du sol et ne sera pas lessivé vers la nappe phréatique. Il s'ensuit que les eaux souterraines ne sont pas contaminées et que le DDT est peu susceptible d'être acheminé au marais par celles-ci.

Des recherches sont en cours pour évaluer l'impact de divers micro-environnements du sol sur la persistance du DDT et ses voies de dégradation. Ces informations seront par la suite utilisées pour élaborer des technologies propres à éliminer et à dégrader le DDT sans provoquer une destruction massive de la faune et de la végétation du parc. S•E

Bulletin S et E

Ce bulletin présente tous les deux mois de l'information sur les travaux de pointe d'Environnement Canada, en sciences et en technologie.

Pour obtenir plus de renseignements sur un sujet mentionné dans le présent bulletin ou dans des numéros antérieurs, veuillez consulter le site Web de *S et E* à l'adresse [www.ec.gc.ca/science]. Bon nombre des publications ministérielles mentionnées dans le *Bulletin* figurent sur la Voie verte d'Environnement Canada à [www.ec.gc.ca] ou peuvent être commandées auprès de l'Infomathèque au 1 800 668-6767.

Il est possible d'obtenir les coordonnées de scientifiques en communiquant avec Paul Hempel, éditeur du *Bulletin*, par courrier électronique à Paul.Hempel@ec.gc.ca ou par téléphone au (819) 994-7796. Les commentaires ou suggestions sont accueillis favorablement.

N'hésitez pas à reproduire de l'information provenant de la présente publication en indiquant sa source : le *Bulletin S et E* d'Environnement Canada.

ISSN 1480-3801 ©Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Environnement Canada) 2001